

Программно-аппаратная система диагностики отложений внутри вихревой камеры

Семенов Дмитрий Олегович

Новосибирский государственный университет

Двойнишников Сергей Владимирович, д.т.н.

SeemDima@gmail.com

Вихревые камеры используются во многих энергетических системах, углеводородных топках и технологических печах. Исследование аэродинамических процессов внутри вихревых камер является актуальной задачей. Эксперименты на таких установках обычно сопровождаются сложными условиями работы внутри самой камеры. Высокая температура внутри камеры помимо перегрева оптических и электронных компонентов систем диагностики, приводит к интенсивному тепловому излучению от поверхности вихревой камеры в видимом спектре, что затрудняет использование систем видеонаблюдения. Наличие сильно загрязняющих оптические поверхности отложений в исследуемом объеме также накладывает повышенные требования к системам диагностики отложений внутри вихревых камер.

В ИТ СО РАН разрабатывается технология визуализации отложений внутри вихревой камеры, предназначенная для работы при высоких температурах до 1200 °С, а также в среде быстрого загрязнения поверхностей отложениями, использующимися в процессе эксперимента веществами. Конструкция данной системы обеспечивает охлаждение корпуса, наблюдение через отверстие малого диаметра и освещение внутренней полости вихревой камеры. Также осуществляется контроль состояния системы и защита от перегрева.

Целью данной работы является разработка программного обеспечения для системы диагностики отложений внутри вихревой камеры. В рамках работы необходимо разработать программу микроконтроллера аппаратной части программного комплекса системы визуализации и создать программное обеспечение на персональном компьютере для удаленного наблюдения. Микроконтроллер должен уметь принимать и передавать данные, управлять затвором камеры и осуществлять включение осветителей по алгоритмам, зависящим от команд, поступающих с компьютера. Также необходимо реализовать опрос датчиков температуры и, в случае превышения критических значений, сигнализировать об этом оператору на компьютере.

Конструкция разработанной системы визуализации состоит из охлаждаемого проточной водой корпуса цилиндрической формы с поворотной “головой”, позволяющей осматривать не только дно, но и боковые стенки исследуемой камеры. Корпус на дне имеет отверстие диаметром 1мм, через которое ведется наблюдение с помощью видеокамеры DMM 25GP031-ML со сложным оптическим объективом с сильными оптическими aberrациями. Также на дне установлено охлаждаемый водой иллюминатор, за которым установлен осветитель для подсветки полости камеры. Осветитель защищен охлаждаемым теплофильтром, существенно снижающий поток теплового излучения на осветитель. Для контроля температуры на камере и на осветителе установлены датчики температуры. Изображение с камеры наблюдается на персональном компьютере, куда видеопоток передается по сети Ethernet. Управление аппаратной частью системы визуализации осуществляется с помощью программируемого микроконтроллера Iskra JS.

Разработано программное обеспечение микроконтроллера Iskra JS на базе 32-битного микроконтроллера ARM Cortex-M4. Реализовано несколько режимов работы аппаратной части системы визуализации: остановка видео, начало записи и загрузка новых параметров кадра изображения. С помощью микроконтроллера осуществляется управление затвором камеры, включением и выключением осветителей и опрос датчиков температуры ds18b20 по протоколу MODBUS. Учтены все необходимые задержки драйверов питания осветителей на создание синхроимпульса перед началом кадра видеокамеры. Связь с компьютером реализована с помощью платы расширения Ethernet Shield, позволяющая работать в локальных сетях для приёма и передачи данных по сети Ethernet. Создано приложение на стороне ПК, визуализирующее в реальном времени изображение с камеры. Пользовательский интерфейс открывает доступ к изменению настроек кадра камеры, периода опроса датчиков температуры, частоты съемки кадров и включению осветителя. Пользователю демонстрируется текущее состояние температур. Обмен данными между компьютером и микроконтроллером осуществляется по созданному протоколу связи на основе TCP-IP.

В результате искажений на оптике объектива камеры, изображение имеет сильную “бочкообразную” дисторсию. Для исправления этого эффекта было разработано отдельное приложение для получения коэффициентов исправления оптической aberrации. В основном приложении можно включить исправление дисторсии. Также для лучшей оценки загрязненности вихревой камеры был реализован алгоритм вычитания фона. Для этого делается два кадра на видеокамере, с осветителем и без, и вычитаются друг из друга. Это позволяет отделить тепловую засветку на камере и наблюдать только области света и тени для оценки геометрии отложений.

Разработана программно-аппаратная система диагностики отложений внутри вихревой камеры. Создано программное обеспечение для микроконтроллера, позволяющее управлять всей аппаратной частью системы, и приложение для компьютера, демонстрирующее пользователю изображение внутренней полости вихревой камеры. Реализованы алгоритмы исправления дисторсии и вычитания фона для более качественной и информативной визуализации отложений внутри вихревой камеры. Разработанная программно-аппаратная система диагностики отложений внутри вихревой камеры успешно прошла натурные испытания для визуализации отложений внутри вихревой камеры с температурой 1180 °С градусов. Получены изображения отложений на нижней стенке камеры и подтверждена работоспособность системы диагностики.

Применение методов MLR и CRMIP для анализа взаимовлияния скважин

Фахреева Регина Рафисовна^{1,2}

Бухмастова Светлана Васильевна¹

¹ООО «РН-БашНИПИнефть», ²Башкирский государственный университет

Питюк Юлия Айратовна^{1,2}

FakhreevaRR@bnipti.rosneft.ru

В настоящее время ряд ключевых производственных задач строится на информации о межскважинном пространстве, восстановленной в результате использования интерпретационных моделей. Таким образом, автоматизация рутинных работ подготовки данных и их интерпретации является актуальной задачей. Целью работы является определение коэффициентов взаимовлияния скважин на основе взаимного учета данных по давлению и дебита группы скважин. В связи с этим разработаны программные модули на основе методов Multivariate Linear Regression (MLR) [1] и Capacitance-Resistance Model Injector-Producer (CRMIP) [2].

Метод MLR основан на анализе давлений в скважинах с использованием уравнения многопараметрической линейной регрессии, где на выходе определяются весовые коэффициенты:

$$\hat{p}_j(t) = \beta_{0j} + \sum_{i=1}^{N_i} \beta_{ij} p_i(t), \quad (1)$$

где \hat{p}_j – давление на j -ой реагирующей скважине, p_i – давление на i -ой возмущающей скважине, β_{ij} – весовые коэффициенты, β_{0j} – свободный член, t – время, N_i – число возмущающих скважин.

Для решения задачи методом CRMIP требуется история по закачке, добыче жидкости и давлению на забое добывающих скважин, при этом учитывается уравнение материального баланса:

$$\tau_{ij} \frac{dq_{ij}(t)}{dt} + q_{ij}(t) = f_{ij} w_i(t) - \tau_{ij} J_{ij} \frac{dp_j(t)}{dt}, \quad (2)$$

где $w_i(t)$ – расход i -ой возмущающей скважины; $p_j(t)$ – давление на забое j -ой реагирующей скважины; $q_{ij}(t)$ – вклад в дебит j -ой реагирующей скважины от i -ой возмущающей. На основе этих данных и решения задачи оптимизации определяются коэффициенты взаимовлияния скважин f , временной параметр τ и коэффициенты продуктивности J .

Модули протестированы на данных гидродинамической модели (ГДМ) реального месторождения. Рассматривались две возмущающие (нагнетательные) скважины (I_1 , I_2) и одна реагирующая (добывающая) скважина (P_1). На рис. 2 представлено сравнение давления и дебита, полученных на основе данных ГДМ и программными модулями MLR и CRMIP соответственно. Из графиков видно хорошее согласование численных данных с исходными. В табл. 1 представлены коэффициенты взаимовлияния β и f , вычисленные методами MLR и CRMIP соответственно. Оба метода определили, что взаимовлияние между второй возмущающей и реагирующей скважинами лучше, поскольку коэффициенты, отвечающие за их влияние, больше. Данный вывод подтверждается картой проницаемости, представленной на рис.1, откуда видно, что проницаемость между данными скважинами выше.

Таким образом, разработаны программные модули для определения взаимовлияния скважин. Проведена апробация модулей на синтетических данных. Анализ результатов показал, что все коэффициенты взаимовлияния определены корректно. Использование реализованных модулей позволяет автоматизировать процесс анализа данных эксплуатации скважин и контролировать процесс выработки месторождения.

Таблица 1. Значения коэффициентов взаимовлияния

Скважины	β_{ij}	f_{ij}
$I_1 \times P_1$	0.169	0.103
$I_2 \times P_1$	0.811	0.980